

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



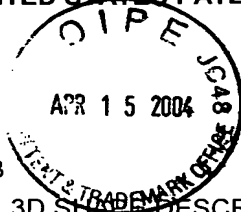
IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of  
In-kyu PARK et al.

Application No.: 10/727,660

Filing Date: December 5, 2003

Title: METHOD OF PERCEPTUAL 3D SHAPE DESCRIPTION AND METHOD AND APPARATUS FOR  
SEARCHING 3D GRAPHICS MODEL DATABASE USING THE DESCRIPTION METHOD



Group Art Unit: 2671

Examiner: Unassigned

Confirmation No.: 7457

SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following priority foreign application(s) in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

Country: Republic of Korea

Patent Application No(s): 2003-84215

Filed: November 25, 2003

In support of this claim, enclosed is a certified copy(ies) of said foreign application(s). Said prior foreign application(s) is referred to in the oath or declaration. Acknowledgment of receipt of the certified copy(ies) is requested.

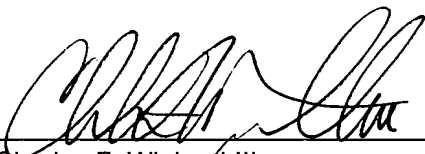
Respectfully submitted,

BURNS, DOANE, SWECKER & MATHIS, L.L.P.

P.O. Box 1404  
Alexandria, Virginia 22313-1404  
(703) 836-6620

Date: April 15, 2004

By

  
Charles F. Wieland III  
Registration No. 33,096



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0084215  
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 11월 25일  
Date of Application NOV 25, 2003

20636

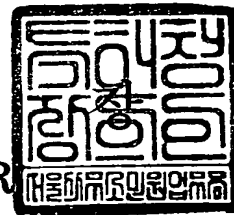
출원인 : 삼성전자주식회사 외 1명  
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD., et al.



2003 년 12 월 02 일

특 허 청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0035
【제출일자】	2003. 11. 25
【국제특허분류】	G06F
【발명의 명칭】	지각적 인식이 가능한 3차원 형상의 기술방법과 이를 이용한 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 방법 및 장치
【발명의 영문명칭】	Method of perceptual 3D shape description and method and apparatus for searching 3D graphics model database using the same
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【출원인】	
【명칭】	재단법인 서울대학교산학협력재단
【출원인코드】	2-2003-007067-6
【대리인】	
【성명】	이영필
【대리인코드】	9-1998-000334-6
【포괄위임등록번호】	2003-003435-0
【대리인】	
【성명】	이해영
【대리인코드】	9-1999-000227-4
【포괄위임등록번호】	2003-003436-7
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박인규
【성명의 영문표기】	PARK, In Kyu
【주민등록번호】	720228-1249123
【우편번호】	156-773
【주소】	서울특별시 동작구 사당2동 우성아파트 208동 1505호
【국적】	KR

## 【발명자】

【성명의 국문표기】 김도균  
【성명의 영문표기】 KIM,Do Kyoon  
【주민등록번호】 690605-1041815  
【우편번호】 463-030  
【주소】 경기도 성남시 분당구 분당동 131-1번지 3층  
【국적】 KR

## 【발명자】

【성명의 국문표기】 이상욱  
【성명의 영문표기】 LEE,Sang Uk  
【주민등록번호】 490811-1005912  
【우편번호】 135-904  
【주소】 서울특별시 강남구 압구정2동 한양아파트 43동 403호  
【국적】 KR

## 【발명자】

【성명의 국문표기】 윤일동  
【성명의 영문표기】 YUN,Il Dong  
【주민등록번호】 650721-1069618  
【우편번호】 463-767  
【주소】 경기도 성남시 분당구 서현동 시범현대아파트 428동 2803호  
【국적】 KR

## 【발명자】

【성명의 국문표기】 김덕훈  
【성명의 영문표기】 KIM,Duck Hoon  
【주민등록번호】 750911-1041714  
【우편번호】 156-712  
【주소】 서울특별시 동작구 신대방2동 삼성보라매오피스타워 2102호  
【국적】 KR

## 【우선권주장】

【출원국명】 US  
【출원종류】 특허

**【출원번호】** 60/430,974  
**【출원일자】** 2002. 12. 05  
**【증명서류】** 미첨부  
**【우선권주장】**  
**【출원국명】** US  
**【출원종류】** 특허  
**【출원번호】** 00/000,000  
**【출원일자】** 2003. 10. 14  
**【증명서류】** 미첨부  
**【심사청구】** 청구  
**【취지】** 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인  
 이영필 (인) 대리인  
 이해영 (인)  
**【수수료】**  
**【기본출원료】** 20 면 29,000 원  
**【가산출원료】** 18 면 18,000 원  
**【우선권주장료】** 2 건 43,000 원  
**【심사청구료】** 20 항 749,000 원  
**【합계】** 839,000 원  
**【첨부서류】** 1. 요약서·명세서(도면)\_1통 2. 위임장\_1통 3. 우선권증명서류 및 동 번역문\_2통

**【요약서】****【요약】**

본 발명은 지각적 인식이 가능한 3차원 형상의 기술방법과 이를 이용한 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 방법 및 장치에 관한 것으로서, 그 기술방법은 부분기반 표현의 부분에 각기 대응되며 각 부분의 속성을 나타내는 단일속성을 구비하는 노드들을 생성하는 단계; 상관속성을 갖는 에지를 생성하는 단계; 및 노드와 에지로 이루어지는 속성관계 그래프를 생성하는 단계를 포함함을 특징으로 하고, 그 데이터베이스 검색방법은 3차원 그래픽 모델을 받아들이는 단계; 3차원 그래픽 모델을 지각적 3차원 형상 기술자로 변환하는 단계; 및 그 지각적 3차원 형상 기술자와 데이터베이스의 지각적 3차원 그래픽 모델들을 비교하여 유사한 모델을 찾아내는 단계를 포함함을 특징으로 하고, 그 검색 장치는 3차원 그래픽 모델을 질의로 받아들이는 질의입력부; 3차원 그래픽 모델을 지각적 3차원 형상 기술자로 변환하는 형상기술자변환부; 지각적 3차원 형상 기술자와 데이터베이스의 지각적 3차원 그래픽 모델들을 비교하여 유사한 모델을 찾는 정합부; 및 유사한 모델을 출력하는 모델출력부를 포함함을 특징으로 한다. 본 발명에 의하면, 스케치에 의한 질의나 편집에 의한 질의가 가능하며 이중 지구 이동자 거리 기법을 그래프 표현간의 정합에 이용함으로써 유사한 모델을 보다 정확하게 검색할 수 있다.

**【대표도】**

도 3

**【명세서】****【발명의 명칭】**

지각적 인식이 가능한 3차원 형상의 기술방법과 이를 이용한 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 방법 및 장치{Method of perceptual 3D shape description and method and apparatus for searching 3D graphics model database using the same}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1은 Shape3D 의 형상구별 능력의 한계를 보여주는 일 예이다.

도 2는 형상분할 기법을 블록도로 도시한 것이다.

도 3은 'cow' 모델에 대해 부분 기반 표현을 생성하는 과정을 일 예로 도시한 것이다.

도 4는 지각적 인식이 가능한 3차원 형상 기술 방법을 흐름도로 도시한 것이다.

도 5는 지각적 형상 기술자의 두 노드간의 관계인 에지 속성을 나타내는 것이다.

도 6은 지각적 3차원 형상 기술자의 이진 표현 형식의 구조를 나타내고 있다.

도 7은 본 발명에 의한 지각적 인식이 가능한 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 장치의 구성을 블록도로 도시한 것이다.

도 8은 본 발명에 의한 3차원 모델 데이터베이스 검색 장치의 동작을 흐름도로 도시한 것이다. 도 9는 그래프 모델간 유사도를 측정하는 방법을 흐름도로 도시한 것이다.

도 10은 내부 EMD를 계산하기 위한 벡터 공간과 이 벡터 공간에 위치한 노드들의 이진 관계를 나타내는 일 예이다.

도 11은 도 10의 일 예로부터 생성된 거리행렬이다.

도 12는 스케치에 의한 질의의 일 예와 그 검색 결과를 나타낸다.



도 13은 속성관계 그래프로 표현된 지각적 형상 기술자의 예들을 나타낸다.

도 14는 서로 다른 확대/축소 비율을 가진 'triceratops' 모델에 대한 지각적 형상 기술자의 생성 예이다. 도 15는 잡음이 첨가되거나 형상이 변형된 'triceratops' 모델에 대한 지각적 형상 기술자의 생성 예이다.

도 16은 검색 데이터베이스에 대해 BEP와 ANMRR로 측정된 지각적 형상 기술자와 Shape3D의 검색 성능을 나타낸다.

**【발명의 상세한 설명】**

**【발명의 목적】**

**【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<15> 본 발명은 3차원 그래픽에 관한 것으로서, 특히 3차원 그래픽 모델의 형상을 지각적으로 인식할 수 있도록 하는 지각적 인식이 가능한 3차원형상 기술 방법과 이를 이용한 그래픽 모델의 데이터 베이스로부터 형상이 유사한 그래픽 모델을 검색하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

<16> 최근 3차원 그래픽스 기술의 발전 및 관련 산업 영역의 확대로 인해 관리해야 할 3차원 그래픽 객체의 수가 기하 급수적으로 증가하고 있다. 따라서 수많은 3차원 그래픽 객체를 효율적으로 저장하고 관리하고 재사용할 수 있는 기법이 필요하게 되었다.

<17> 기존의 동영상 전문가 그룹-7 (MPEG-7)에서는 Shape3D가 제안되어 3차원 형상을 기술하고 데이터베이스를 검색하기 위한 국제 표준으로 채택되었다. 일반적으로 3차원 그래픽 모델은 꼭지점과 다각형으로 구성되어 있는 다각형 메쉬의 형태로 표현된다. Shape3D는 이러한 다각

형 모델로부터 형상스펙트럼을 정의하는데 형상스펙트럼은 메쉬 구조 전체에 대하여 계산되어 형상색인(shape index)으로 정의되는 값의 히스토그램으로 표현된다.

<18> 그러나 Shap3D는 몇 가지 단점을 가지고 있다. 우선 형상스펙트럼은 3차원 물체 표면의 국부적인 특성을 의미하므로 전체적이고 공간적인 특성을 잃게 되어 형상을 분별하는 능력이 떨어진다. 도 1은 Shape3D의 형상구별 능력의 한계를 보여주는 일 예이다. (a)와 (b)는 서로 다른 3차원 객체를 나타내고, (c)와 (d)는 (a)와 (b)의 형상스펙트럼을 보여준다. 상기 도 1 (a)와 (c)에 도시된 바와 같이 'android' 모델과 'crocodile' 모델은 서로 다른 형상을 가지고 있다. 그들은 명백하게 다른 모델이다. 그러나 두 물체의 Shape3D를 구하여 그 형상스펙트럼을 비교해보면 도 1의 (b)와 (d)에 도시된 바와 같이 매우 유사함을 알 수 있다. 상기 'android' 모델과 'crocodile' 모델의 정량적으로 계산된 형상스펙트럼의 차는 단지 0.025981에 불과하다. 따라서 만약 'android'를 질의(query) 객체로 하여 검색을 수행하면 'crocodile' 객체가 매우 유사한 객체로 검색되는 바람직하지 않은 결과가 나타난다. 즉 검색 결과 중 상위에 랭크된다. 또한 형상스펙트럼과 실제 형상간에는 어떠한 유사성도 발견할 수 없다. 따라서 Shape3D는 스케치에 의한 질의(query by sketch)나 편집에 의한 질의(query by editing)와 같은 검색에서는 유용한 특성을 가지지 못한다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<19> 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 3차원 그래픽 모델로 구성된 데이터베이스를 관리하기 위하여 3차원 객체를 효율적으로 기술(description)할 수 있는 지각적 인식이 가능한 3차원 형상의 기술방법과 이를 이용하여 구축한 데이터베이스로부터 유사한 모델을 검색(retrieval)할 수 있는 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

## 【발명의 구성 및 작용】

<20>      상기 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명에 의한 지각적 인식이 가능한 3차원 형상의 기술방법은, 3차원 형상 모델에 대한 부분 기반 표현의 부분에 각기 대응되며, 상기 각 부분의 속성을 나타내는 단일속성을 구비하는 노드들을 생성하는 단계; 상기 노드들 간의 관련성을 나타내는 상관속성을 갖는 에지를 생성하는 단계; 및 상기 노드와 에지로 이루어지는 속성관계 그래프의 형태를 생성하는 단계를 포함함을 특징으로 한다. 상기 노드는 체적, 볼록도 및 이심률에 의해 정의되는 타원체로 표현됨이 바람직하다. 상기 노드의 단일속성은 적어도 상기 부분의 체적, 이심률 및 볼록도를 포함함이 바람직하다. 상기 노드의 단일속성은 상기 타원체를 구성하는 복셀의 3차원 축상의 분포정도를 나타내는 분산, 상기 타원체의 중심 및 상기 노드의 변형을 더 구비함이 바람직하다. 상기 상관속성은 적어도 노드 간의 거리 및 타원체의 장축 및 단축 간의 각도를 포함함이 바람직하다. 상기 노드의 단일속성은 소정의 비트수로 양자화됨이 바람직하다.

<21>      상술한 본 발명에 의해 기술된 지각적 인식이 가능한 3차원 형상 데이터가 기록된 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공한다.

<22>      상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 의한, 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 방법은 상술된 3차원 그래픽 모델의 지각적 3차원 형상 기술자를 저장하고 있는 데이터 베이스의 3차원 그래픽 모델 검색방법에 있어서, 소정의 3차원 그래픽 모델을 받아들이는 입력단계; 상기 받아들인 3차원 그래픽 모델을 지각적 3차원 형상 기술자로 변환하는 변환단계; 및 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 상기 데이터베이스에 저장되어 있는 지각적 3차원 그래픽 모델들을 비교하여 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 유사한 모델을 찾아내는 검색단계를 포함함을 특징으로 한다. 상기 입력단계는 사용자가 대화식 도구에 의해 3차원

그래픽 모델을 디자인하여 입력함이 바람직하다. 상기 변환단계는 사용자가 상기 변형된 형상 기술자의 편집을 원하면 상기 형상기술자를 편집하는 단계를 더 구비함이 바람직하다. 상기 검색단계는 노드의 체적을 중량으로 정의하는 단계; 및 이중 지구 이동자 거리 방법에 의해 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 상기 데이터베이스에 저장되어 있는 지각적 3차원 그래픽 모델들을 비교하여 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 유사한 모델을 찾아냄이 바람직하다. 상기 이중 지구 이동자 거리 방법은 질의그래프를 구성하는 질의노드와 모델 그래프를 구성하는 모델노드 간의 거리를 행렬로 나타낸 거리행렬을 생성하는 내부EMD 단계; 및 상기 거리행렬로부터 노드 자신의 속성을 고려하여 유사도를 측정하는 외부EMD 단계로 이루어진다. 상기 내부EMD 단계는 상기 변환된 3차원 형상기술자의 질의 그래프를 구성하는 질의노드들과 상기 데이터베이스에 저장되어 있는 3차원 그래픽 모델의 모델그래프를 구성하는 모델노드들을 추출하여 비교대상이 되는 질의노드와 모델노드의 노드조합을 설정하는 단계; 및 상기 각 조합에 대해 노드간 거리를 측정하여 거리행렬을 생성하는 거리행렬생성단계를 포함함이 바람직하다. 상기 거리행렬생성단계는 상기 각 조합에 대해 질의 그래프 및 모델 그래프의 임의의 노드 간 거리를 구하기 위해 노드간의 속성벡터의 차이의 절대값으로 정의된 거리 행렬을 구성하는 단계; 상관 속성들을 축으로 하는 벡터공간을 구성하는 단계; 상기 벡터공간에서 질의노드와 모델노드를 점들의 집합으로 표현하는 단계; 모든 점으로부터 거리가 일정한 가상의 점을 설정하는 단계; 상기 벡터공간에서 정의된 유클리디안 거리를 구하여 거리행렬을 생성하는 단계; 및 상기 두 거리행렬을 더한 최종의 거리행렬을 생성하는 단계를 포함함이 바람직하다.

<23> 상기 외부EMD 단계는 상기 거리행렬 및 질의 노드와 모델노드의 중량으로 부터 EMD를 적용하여 필요일량을 계산하는 단계; 및 상기 필요일량을 더하여 유사도를 측정하는 단계를 포함함이 바람직하다.

<24> 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 의한, 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 장치는 상술된 3차원 그래픽 모델의 지각적 3차원 형상 기술자에 의해 기술된 3차원 그래픽 모델들을 저장하고 있는 데이터 베이스의 3차원 그래픽 모델 검색장치에 있어서, 검색하고자 하는 3차원 그래픽 모델을 질의로 받아들이는 질의 입력부; 상기 질의로 입력된 3차원 그래픽 모델을 지각적 3차원 형상 기술자로 변환하는 형상기술자변환부; 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 상기 데이터베이스에 저장되어 있는 지각적 3차원 그래픽 모델들을 비교하여 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 유사한 모델을 찾는 정합부; 및 상기 찾아진 유사한 모델을 출력하는 모델출력부를 포함함을 특징으로 한다. 상기 질의입력부는 사용자가 대화식 도구에 의해 3차원 그래픽 모델을 디자인하여 입력함이 바람직하다. 상기 변환부는 사용자가 상기 변형된 형상기술자의 편집을 원하면 상기 형상기술자를 편집하는 형상편집부를 더 구비함이 바람직하다. 상기 정합부는 노드의 체적을 중량으로 정의하는 중량변환부; 및 이중 지구 이동자 거리 방법에 의해 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 상기 데이터베이스에 저장되어 있는 지각적 3차원 그래픽 모델들을 비교하여 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 유사한 모델을 찾는 모델검색부를 구비함이 바람직하다.

<25> 그리고 상기 기재된 발명을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공한다.

<26> 이하에서 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 지각적 인식이 가능한 3차원 형상의 기술방법과 이를 이용한 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 방법 및 장치에 대해 상세히 설명한다.

<27> 본 발명에 의한 3차원 그래픽 모델로 구성된 데이터베이스를 관리하기 위하여 3차원 객체를 효율적으로 기술(description)할 수 있는 지각적 인식 가능한 3차원 형상의 기술방법은 3

차원 객체를 부분 기반 표현(part-based representation)으로 변환하고 이를 노드와 에지로 이루어지는 속성관계 그래프 구조로 나타낸다. 이와 같은 기술 방법은 원래의 3차원 형상과 인간의 시각에 매우 유사하게 인식되므로 이 기법을 지각적 3차원 형상 기술자(perceptual 3D shape descriptor)라고 부른다.

<28>      상기 지각적 3차원 형상 기술자 생성을 설명하기로 한다. 먼저 3차원 형상의 부분 기반 표현(part-based representation)은 다음과 같다. 부분 기반 표현은 형상의 지각적인 인식 가능한 표현을 할 수 있다. 상기 부분 기반 표현은 회전이동, 평행이동, 비등방 크기변화, 형상변형, 형상 일부 삭제 등에 강인하게 물체를 표현한다. 3차원 객체 형상의 고수준 표현에 있어서 객체의 부분은 중간 표현 단계에서 이용된다. 현재까지 여러 가지 종래의 알고리즘들이 개발되었으며, 이들은 모폴로지 기반의 부분 분리(morphology-based decomposition)와 뼈대 기반의 형상 분리(skeleton-based decomposition) 기법으로 크게 양분될 수 있다. 본 발명에서는 새로운 알고리즘을 이용하여 3차원 형상의 분할을 수행한다. 상기 알고리즘에 의한 기법은 수학적 모폴로지와 가중치 볼록도(weighted convexity)를 계산하여 이용하는 구속적 모폴로지 분할(constrained morphological decomposition, CMD)을 반복적으로 적용하여 형상을 분할하게 된다. 다음으로 초기 분할된 형상을 가중치 볼록도 차이(weighted convexity difference, WCD)를 기준으로 병합할 지를 결정하여 적응적으로 보다 단순하면서도 형상을 잘 표현하는 분할을 수행하게 된다. 이 기법의 블록 다이어그램은 도 2에 나타낸 바와 같이 3단계로 이루어진다. 도 2는 형상분할 기법을 블록도로 도시한 것으로서, 화살표는 이진 영상들의 흐름을 의미한다. 재귀적 분할 단계(recursive decomposition stage, RDS, 210)는 초기 분할 단계(initial decomposition stage, IDS, 200)의 이후에 수행되며 큐(Queue) I이 빌 때까지 수행된다. 다음으로 반복적 병합 단계(iterative merging stage, IMS, 220)가 큐 II에 남아있는 분할

조각들에 적용되어 보다 단순하면서도 형상을 잘 표현하는 분할을 만들게 된다. 도 3은 'cow' 모델에 대해 부분 기반 표현을 생성하는 과정을 일 예로 도시한 것으로서, 상기 분할 기법을 'cow' 모델에 적용하여 중간 과정을 단계적으로 예시하고 있다. 도 3의 (a)와 (b)는 'cow' 모델의 메쉬 표현과 복셀화된 표현을 의미한다. 도 3의 (c)는 초기분할단계(IDS), (d)는 재귀적 분할단계(RDS), 그리고 (e)는 반복적 병합단계(IMS)가 수행된 결과를 보여준다. 최종적으로 생성된 속성 관계 그래프는 도 3의 (f)에 도시된 바와 같으며, 타원체로 표현된 노드와 노드를 연결하는 에지는 분할된 형상의 부분을 각각 근사하게 된다.

<29> 다음으로 지각적 3차원 형상 기술자는 다음과 같다. 도 4는 지각적 인식이 가능한 3차원 형상 기술 방법을 흐름도로 도시한 것으로서, 크게 노드를 생성하는 단계(400단계)와 에지를 생성하는 단계(410단계) 및 속성관계 그래프를 생성하는 단계(420단계)로 이루어진다. 상기 노드생성단계(400단계)에서는 3차원 형상모델에 대한 부분 기반 표현의 부분에 각기 대응되며, 상기 각 부분의 속성을 나타내는 단일속성을 구비하는 노드들을 생성한다. 상기 에지생성단계(410단계)에서는 상기 노드들 간의 관련성을 나타내는 상관속성을 갖는 에지를 생성한다. 상기 속성관계 그래프 생성단계(420단계)는 상기 노드와 에지로 이루어지는 속성관계 그래프의 형태를 생성한다. 보다 상세히 설명하면, 주어진 3차원 모델에 대한 지각적 3차원 형상 기술자는 상술한 부분 기반 표현에 의하여 생성된다. 지각적 3차원 형상 기술자는 노드와 에지로 정의되는 속성 관계 그래프(attributed relational graph, ARG)의 형태를 가진다. 여기서 노드는 3차원 모델의 부분 기반 표현에서의 부분 및 그 단일 속성을 표현하며, 에지는 노드들 사이의 상관 속성을 의미한다. 본 실시 예에서의 지각적 3차원 형상 기술자는 네 가지 단일 속성과, 연결된 노드들의 주요 축들(principal axes) 간의 기하학적인 관계로부터 유도된 세 가지 상관속성을 활용하고 있다.

<30> 구체적으로 노드는 체적(volume)  $v$ , 볼록도(convexity)  $c$ , 두 개의 이심률(eccentricity) 값인  $e_1$ 과  $e_2$ 로 정의되는 타원체에 의하여 표현된다. 여기서 볼록도는 노드의 체적을 노드의 볼록체(convex hull)의 체적으로 나눈 값이고, 이심률은 노드의 첫째, 둘째, 셋째 주요 축 방향으로의 분산을 각각  $a, b, c$  ( $a \geq b \geq c$ )라고 할 때 수학식 1과 수학식 2에 의해  $e_1$  및  $e_2$ 로 표현된다.

<31> 
$$e_1 = \sqrt{1 - c^2 / a^2}$$
  
 【수학식 1】

<32> 
$$e_2 = \sqrt{1 - c^2 / b^2}$$
  
 【수학식 2】

<33> 그리고 도 5는 지각적 형상 기술자의 두 노드간의 관계인 에지 속성을 나타내는 것으로서, 상기 에지 속성은 도 5와 같이 두 타원체 사이의 기하학적인 관계로부터 추출된다. 구체적으로 연결된 두 타원체의 중심간 거리, 첫번째 주요 축들 간의 각도, 두번째 주요 축들 간의 각도가 에지의 속성으로 활용된다. 특히 모든 노드의 단일 속성과 에지의 상관 속성은  $[0, 1]$ 의 범위를 가지도록 정규화 과정을 수행한다.

<34> 도 6은 지각적 3차원 형상 기술자의 이진 표현 형식의 구조를 나타내고 있다. 여기서 노드의 속성은 노드의 체적(volume), 중심(center), 객체 중심좌표계로부터의 부분의 변환(transform), 각 주요축 방향으로의 분산(variance) 및 볼록도(convex)로 이루어진다. 상기 분산은 타원체를 구성하는 복셀(voxel)의 타원체를 3차원 주요 축 상의 분포정도를 나타낸다. 여기서는 지각적 3차원 형상 기술자가 최대한 가질 수 있는 노드의 개수를 32개로 가정하였다. 또한 지각적 3차원 형상 기술자를 저장하기 위한 저장 용량을 줄이기 위하여 모든 단일 속성을 소정 비트수, 바람직하게는 8비트로 양자화 하였다. 만약 도 6과 같이 8비트로 모든 속성을



양자화한다면, 지각적 3차원 형상기술자가 5개의 노드를 가지고 있을 때 전체 기술자의 크기는 72바이트에 불과하다. 또한 각 속성마다 서로 다른 양자화비트수를 할당하는 것이 가능하다. 그리고 상기 지각적 인식이 가능한 3차원 형상 기술방법에 의해 기술된 3차원 형상 데이터는 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 의해 기록될 수 있다.

<35> 다음으로 3차원 모델 데이터베이스 검색 방법 및 장치를 설명하기로 한다. 먼저, 상기 모델 데이터베이스는 상술한 3차원 그래픽 모델의 지각적 3차원 형상 기술자에 의해 기술된 3차원 그래픽 모델들을 저장하고 있다. 도 7은 본 발명에 의한 지각적 인식이 가능한 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 장치의 구성을 블록도로 도시한 것으로서, 질의 입력부(700), 형상기술자 변환부(710), 정합부(720) 및 모델 출력부(730)을 포함하여 이루어진다. 상기 질의 입력부(700)는 검색하고자 하는 3차원 그래픽 모델을 질의로 받아들이며, 사용자가 대화식 도구에 의해 3차원 그래픽 모델을 디자인하여 입력으로 받아 들일 수 있다. 상기 형상기술자 변환부(710)는 상기 질의로 입력된 3차원 그래픽 모델을 상기 지각적 3차원 형상 기술자로 변환하며, 사용자가 상기 변형된 형상기술자의 편집을 원하면 상기 형상기술자를 편집하는 형상편집부(705)를 더 구비한다.

<36> 상기 정합부(720)는 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 상기 데이터베이스에 저장되어 있는 지각적 3차원 그래픽 모델들을 비교하여 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 유사한 모델을 찾으며, 중량변환부(722) 및 모델검색부(724)를 포함하여 이루어진다. 상기 중량변환부(722)는 노드의 체적을 중량으로 정의한다. 상기 모델검색부(724)는 이중 지구 이동자 거리 방법에 의해 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 상기 데이터베이스에 저장되어 있는 지각적 3차원 그래픽 모델들을 비교하여 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 유사한

모델을 찾는다. 상기 모델 출력부(730)는 상기 찾아진 유사한 모델을 출력한다. 한편, 상기 3차원 모델 데이터베이스 검색 장치의 동작을 설명하기로 한다.

<37> 도 8은 본 발명에 의한 3차원 모델 데이터베이스 검색 장치의 동작을 흐름도로 도시한 것이다.

<38> 먼저 소정의 3차원 그래픽 모델을 받아들이거나(800단계), 사용자가 대화식 도구를 이용하여 3차원 그래픽 모델을 그려서 데이터베이스에 질의할 수도 있다.(810단계) 상기 3차원 그래픽 모델을 상기 지각적 3차원 형상 기술자로 변환한다.(820단계) 형상기술자로 변환한 후 사용자가 편집을 원하면(830단계), 사용자는 상기 형상기술자를 편집할 수도 있다.(840단계)

<39> 그리고 나서 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 상기 데이터베이스에 저장되어 있는 지각적 3차원 그래픽 모델들을 비교하여 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 유사한 모델을 찾고(850단계), 상기 유사한 모델을 출력한다.(860단계)

<40> 도 9는 질의그래프 및 모델그래프 간의 유사도를 측정하는 방법을 흐름도로 도시한 것으로서, 도 9를 참조하여 데이터 베이스 검색과정을 상세히 설명한다.

<41> 상기 850단계는 한 쌍의 그래프 모델을 받아들이(900단계), 노드의 체적을 중량으로 정의한 후(910단계), 이중 지구 이동자 거리 방법에 의해 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 상기 데이터베이스에 저장되어 있는 지각적 3차원 그래픽 모델들을 비교하여(920단계), 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 유사한 모델을 찾아낸다.(930단계)상기 이중 지구 이동자 거리 방법(920단계)은 질의그래프를 구성하는 질의노드와 모델 그래프를 구성하는 모델노드 간의 거리를 행렬로 나타낸 거리행렬을 생성하는 내부EMD 단계(922단계) 및 상기 거리행렬로부터 노드 자신의 속성을 고려하여 유사도를 측정하는 외부EMD 단계(924단계)로 이루어진다.

- <42>      상기 내부EMD 단계(922단계)에서는 질의 그래프를 구성하는 질의노드들과 상기 데이터베이스에 저장되어 있는 3차원 그래픽 모델의 모델그래프를 구성하는 모델노드들을 추출하여 비교대상이 되는 질의노드와 모델노드의 노드조합을 설정한다.(926단계) 그리고 나서 상기 각 조합에 대해 노드간 거리를 측정하여 거리행렬을 생성한다.(928단계)
- <43>      상기 거리행렬생성단계(928단계)에서는 상기 각 조합에 대해 질의 그래프 및 모델 그래프의 임의의 노드 간 거리를 구하기 위해 노드간의 속성 벡터의 차이의 절대값으로 정의된 거리행렬을 구성하고(933단계), 에지속성으로 정의된 상관 속성들을 축으로 하는 벡터공간을 구성하여(934단계), 상기 벡터공간에서 질의노드와 모델노드를 점들의 집합으로 표현한다.(936단계) 그리고 나서 모든 점으로부터 거리가 일정한 가상의 노드를 설정하고(938단계), 상기 벡터공간에서 정의된 유클리디안 거리를 구하여 또 다른 거리행렬을 생성하고(940단계), 상기 두 거리행렬을 더한 최초의 거리행렬을 생성한다.(942단계)
- <44>      상기 외부EMD 단계(924단계)는 상기 거리행렬과 노드의 중량으로부터 질의그래프로부터 모델 그래프로의 필요일량을 계산하여(930단계), 상기 필요일량을 더하여 유사도를 측정한다.(932단계)
- <45>      이를 보다 상세히 설명하기로 한다. 먼저 상기 데이터베이스의 정합 기법으로서 이중(double) 지구 이동자 거리(Earth Mover's Distance : 이하 EMD라 한다)를 설명한다. 일반적으로 그래프 정합 기법은 세 가지 단계로 구성된다. 첫 번째 단계는 질의와 모델 그래프의 모든 노드 간 거리들로 구성되는 거리행렬(distance matrix)을 단일속성 혹은 상관속성 간의 차이를 이용하여 구성한다. 두 번째 단계는 상기 첫 번째 단계의 거리행렬을 이용하여 노드간 대응관계를 설정하는 과정이다. 상기 두 번째 단계는 일대일 사상(one-to-one mapping)을 가정하는 경우 일반적으로 bipartite 정합 기법을 채택한다. 마지막 단계에서는 대응관계가 설



정된 노드들의 차이로부터 두 그래프간 비유사도(dissimilarity)를 추출한다. 지금까지 각 단계에 대한 다양한 알고리즘들이 독립적으로 혹은 동시에 개발되어 왔다. 그런데 지각적 3차원 형상 기술자의 정합성능을 높이고 궁극적으로 실제 검색시스템에서 지각적 3차원 형상 기술자를 활용하려면 상기 두 번째 단계에서 다대다 사상(many-to-many mapping)을 고려하여 노드간 대응관계를 설정할 필요가 있다. 즉, 다대다 사상을 고려하면 질의와 모델 그래프가 다른 개수의 노드와 에지를 가지고 있는 경우에 보다 정확한 정합과 검색이 가능하다. 이러한 다대다 사상을 활용하기 위한 알고리즘으로 EMD가 알려져 있다.

<46> 우선 질의와 모델 그래프 간 비유사도를 EMD로 정의하기 위하여 노드의 단일속성인 체적을 중량(weight)으로 정의한다. 그리고 노드 간 대응관계를 설정하기 위한 거리행렬을 구하기 위하여 별도의 EMD를 활용한다. 여기서 전자의 EMD를 외부(outer) EMD, 후자의 EMD를 내부(inner) EMD로 명명하고, 이러한 두 단계의 구조를 가지는 정합기법을 Double EMD로 정의한다. 상기 내부 EMD와 외부 EMD를 이용하여 질의와 모델 그래프간 유사도를 평가하는 과정은 다음과 같다.

<47> 상기 내부 EMD는 다음과 같이 정의된다. 질의 및 모델 그래프의 임의의 노드(도 10의

$N_q$  및  $N_m$  간 거리는 두 개의 상이한 거리의 합으로 계산된다. 우선 노드 자신의 속성에 의한 유사도를 구하기 위해 노드의 속성 벡터 차이의 절대값으로 거리 행렬을 구한다. 다음으로 에지에 의해 연결된 이수 노드들에 의한 유사도를 구를 구하기 위하여 에지 속성으로 정의된 상관속성들을 축으로 하는 벡터공간을 구성한다. 즉 도 10의 좌표계에서 세 축은 각각 상관속성인 하나의 거리와 두 개의 각도를 의미한다. 그러면  $N_q$  및 그 인접한 노드들,  $N_m$  및 그 인접한 노드들은 각각의 벡터 공간에서 점의 집합으로 표현된다. 특히  $N_q$  및  $N_m$ 은 각 벡터 공간의 원점에 해당된다. 마지막으로 모든 점으로부터의 거리(도 10의 d)가 일정한 가상의 점(도 10의 속 빈 동그라미)을 설정하는데, 이는 각 벡터 공간의 중량들의 합이 1이 되도록 하면서  $N_q$  및  $N_m$ 에 인접하지 않는 노드들(도 7에 존재하지 않는 노드들)로의 중량전이(transition)를 방지하기 위함이다. 즉 비교대상간의 연결구조는 비슷하나 전체적인 부피차이가 큰 경우 유사도를 강제로 작게 만드는 역할을 한다. 그러면 도 8과 같이 벡터 공간에서 정의된 유클리디안(Euclidean) 거리를 이용하여 거리행렬을 구성할 수 있고, 도 10의 각 점들의 중량과 도 11의 거리행렬을 이용한 내부 EMD로부터  $N_q$  와  $N_m$  간 거리를 구할 수 있다. 모든 내부 EMD를 구한 후에는 질의와 모델 그래프의 노드들간 필요일량을 외부 EMD를 이용하여 구할 수 있다. 즉 두 그래프의 비유사도는 필요일량을 더한 값으로 정의된다.

<48> 한편 3차원 모델 검색의 기능성에 대해 설명한다. 3차원 모델 데이터베이스의 형상 검색에서 기존의 방법으로는 불가능한 새로운 기능성들을 본 발명에 의한 지각적 3차원 형상 기술자로부터 고려할 수 있다. 본 발명에 의한 3차원 형상 기술자의 가장 큰 특징은 본 발명에 의한 3차원 형상 기술자가 인간이 형상을 인지하는 방식과 일치한다는 점이다. 따라서 본 발명에 의한 3차원 형상 기술자로부터 3차원 모델의 위상적인(topological) 형상을 이해할 수 있고, 또한 이에 부합하는 검색 결과를 얻을 수 있다. 예를 들어 지각적 3차원 형상 기술자가

한 부분에 머리, 네 개의 발, 꼬리를 의미하는 여섯 개의 부분이 연결되어 있다는 정보를 표현하고 있으면, 그 기술자가 동물 모양의 형상을 의미한다는 사실을 인지할 수 있으며 동물들을 검색 결과로 예상할 수 있다.

<49> 이러한 3차원 형상 기술자에 대한 인간의 가독성(readability)은 스케치를 통한 질의(query by sketch) 및 편집을 통한 질의(query by editing)라는 새로운 종류의 형상검색을 가능하게 한다. 부분 기반 표현은 생성 및 편집이 용이하므로 구, 타원체, 상자, 원기둥으로 부분을 표현하고 그 연결관계를 설정함으로써 사용자가 쉽게 질의를 구성할 수 있다. 이렇게 구성된 질의를 바로 지각적 3차원 형상 기술자로 변환하여 검색 엔진(search engine)으로 전달할 수 있다. 마찬가지로 사용자는 대화식으로 3차원 형상 기술자를 수정하여 다른 결과를 얻기 위한 새로운 검색을 시도할 수 있다.

<50> 도 12는 스케치를 통한 질의를 이용한 검색 시스템의 예로서, 스케치에 의한 질의의 일예와 그 검색 결과를 도시하고 있다. 도 12의 (a), (b), (c)는 각각 스케치로 표현된 질의, 가장 높은 유사도를 보이는 검색 결과, 검색된 모델의 ARG를 의미한다. 또한 높은 유사도를 보이는 다른 검색 결과들도 도 12의 (b)와 비슷한 구조를 가짐을 확인할 수 있다. 사용자는 몇 번의 마우스 조작으로 노드들을 위치시키고 연결함으로써 간단한 위상적인 구조를 스케치할 수 있다. 이러한 예를 통하여 스케치를 통한 질의라는 지각적 3차원 형상 기술자만의 기능성의 유용함과 가능성을 확인할 수 있다.

<51> 본 발명의 일실시예에 대한 모의 실험 결과는 다음과 같다. 먼저 지각적 3차원 형상 기술자의 생성을 설명한다. 도 13는 메쉬로 표현된 원래의 3차원 객체 모델과 그것들로부터 생성되어 속성 관계 그래프로 표현된 지각적 3차원 형상 기술자를 나타낸다. 예시된 바와 같이 메쉬 모델과 형상 기술자들 사이에 인지적인 일치 관계가 성립한다. 즉 형상 기술자만 보더라도

도 사람을 사람으로 헬리콥터를 헬리콥터로 인식할 수 있는 것이다. 도 14 (a)와 (b)는 도 13(f)에 예시된 원래의 3차원 객체를 확대 또는 축소한 객체이며 항상 일정한 형상 기술자가 생성됨을 알 수 있다. 도 15는 잡음이 첨가되거나 형상에 변형이 일어날 경우 형상 기술자의 생성 예를 나타낸 예시이다. 도 15 (a), (b), (c)에 예시된 객체는 각각 도 13(f)에 예시된 원래의 3차원 객체에 노이즈를 첨가하고, 뿔을 늘리고, 두 개의 다리를 늘린 객체를 의미한다. 예상했던 바와 같이, 생성되는 지각적 형상 기술자는 도 15의 (d), (e), (f)에 예시한 바와 같이 일치하는 형상의 변화가 표현되고 있으며 모두 원래의 형상을 유추할 수 있게 나타내어진다. 실험 결과 본 발명에 의한 지각적 3차원 형상 기술자는 크기변화, 잡음, 형상 변형에 강건하게 생성되며, 인간의 지각적 인식에 있어서 원 객체와 일치함을 보여준다. 지각적 형상 기술자의 속성 관계 그래프는 3차원 모델 데이터베이스의 검색에 이용되어 인간의 인지와 부합하는 검색 결과를 보여주게 된다. 다음으로 데이터베이스 검색을 설명한다. 지각적 3차원 형상 기술자의 데이터베이스에서의 검색 성능을 분석하기 위하여 현재 동영상전문가그룹-7(MPEG-7)에 이용되는 데이터베이스를 이용하여 검색 실험을 수행하였다. 데이터베이스에는 3,903개의 3차원 그래픽 모델이 존재하며 이 모델들은 4계층을 가지고 8개의 대분류 카테고리 와 102개의 소분류 카테고리를 가지는 계층적 트리(tree) 구조로 분류된다. 성능 측정 기준으로는 역시 동영상전문가그룹-7(MPEG-7)에 이용되는 BEP(Bull's Eye Performance)와 ANMRR(Average Normalized Matching Retrieval Rate)를 이용하였으며, 질의 모델이 속한 소분류 카테고리를 참값으로 이용하였다. BEP는 큰 값이 좋은 성능을 의미하며, ANMRR은 작은 값이 좋은 성능을 의미한다.

<52> 도 16에 336개의 모델로 구성된 질의 모델 집합에 대한 전체 검색 성능을 나타내었다.

질의 모델 집합은 선택된 10개의 소분류 카테고리에 속하는 모델들이며 종래의 기술인 Shape3D

와 성능 비교를 하였다. 도 12에 나타난 바와 같이 본 발명에 의한 지각적 3차원 형상 기술자의 성능은 BEP와 ANMRR에서 모두 종래의 기술을 크게 상회하며 절대적인 성능치도 매우 우수함을 알 수 있다. 본 발명은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 컴퓨터(정보 처리 기능을 갖는 장치를 모두 포함한다)가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록 장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 장치의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광데이터 저장장치 등이 있다.

<53> 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

#### 【발명의 효과】

<54> 본 발명에 의한 지각적 인식이 가능한 3차원 형상의 기술방법에 의하면, 종래의 기술에서는 가능하지 않았던 스케치에 의한 질의(query by sketch)나 편집에 의한 질의(query by editing)와 같은 기능이 가능하다. 이것은 내용기반 데이터베이스 검색에 있어서 매우 중요한 특질이다.

<55> 그리고 본 발명에서는 이중 지구 이동자 거리(Double Earth Mover's Distance) 기법을 개발하여 그래프 표현간의 정합에 이용함으로써, 질의 모델과 유사한 모델을 데이터베이스로부터 보다 정확하게 검색할 수 있다.



<56> 또한 본 발명에 의하면 기하 정보(geometric information)와 위상 정보(topological information)를 동시에 이용할 수 있으며 그래프 노드와 또 다른 그래프 노드간의 다대다 연결(many-to-many mapping)을 구성해 주어 보다 더 정확한 검색이 가능하여 검색 시스템의 성능을 향상시킨다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

3차원 형상 모델에 대한 부분 기반 표현의 부분에 각기 대응되며, 상기 각 부분의 속성을 나타내는 단일속성을 구비하는 노드들을 생성하는 단계;

상기 노드들 간의 관련성을 나타내는 상관속성을 갖는 에지를 생성하는 단계; 및

상기 노드와 에지로 이루어지는 속성관계 그래프의 형태를 생성하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 지각적 인식이 가능한 3차원 형상 기술 방법.

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 노드는

체적, 볼록도 및 이심률에 의해 정의되는 타원체로 표현됨을 특징으로 하는 지각적 인식이 가능한 3차원 형상 기술 방법.

【청구항 3】

제1항에 있어서, 상기 노드의 단일속성은

적어도 상기 부분의 체적, 이심률 및 볼록도를 포함함을 특징으로 하는 지각적 인식이 가능한 3차원 형상 기술 방법.

【청구항 4】

제2항에 있어서, 상기 노드의 단일속성은

상기 타원체를 구성하는 복셀의 3차원 주요 축상의 분포정도를 나타내는 분산, 상기 타원체의 중심 및 상기 노드의 객체좌표계로부터의 변환을 더 구비함을 특징으로 하는 지각적 인식이 가능한 3차원 형상 기술 방법.

**【청구항 5】**

제2항에 있어서, 상기 상관속성은

적어도 노드 간의 거리 및 타원체의 장축 및 단축 간의 각도를 포함함을 특징으로 하는  
지각적 인식이 가능한 3차원 형상 기술 방법.

**【청구항 6】**

제1항에 있어서, 상기 노드의 단일속성은

소정의 비트수로 양자화됨을 특징으로 하는 지각적 인식이 가능한 3차원 형상 기술 방법

**【청구항 7】**

제1항 내지 6항 중 어느 한 항에 기재된 발명에 의해 기술된 지각적 인식이 가능한 3차원 형상 데이터가 기록된 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

**【청구항 8】**

제1항 내지 제6항에 의해 기술된 3차원 그래픽 모델의 지각적 3차원 형상 기술자를 저장하고 있는 데이터 베이스의 3차원 그래픽 모델 검색방법에 있어서,

소정의 3차원 그래픽 모델을 받아들이는 입력단계;

상기 받아들인 3차원 그래픽 모델을 지각적 3차원 형상 기술자로 변환하는 변환단계; 및

상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 상기 데이터베이스에 저장되어 있는 지각적 3차원 그래픽 모델들을 비교하여 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 유사한 모델을 찾아내는 검색단계를 포함함을 특징으로 하는 지각적 인식이 가능한 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 방법.

【청구항 9】

제8항에 있어서, 상기 입력단계는

사용자가 대화식 도구에 의해 3차원 그래픽 모델을 디자인하여 입력함을 특징으로 하는  
지각적 인식이 가능한 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 방법.

【청구항 10】

제8항에 있어서, 상기 변환단계는

사용자가 상기 변형된 형상기술자의 편집을 원하면 상기 생성된 형상기술자를 편집하는  
단계를 더 구비함을 특징으로 하는 지각적 인식이 가능한 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스  
검색 방법.

【청구항 11】

제8항에 있어서, 상기 검색단계는

노드의 체적을 중량으로 정의하는 단계; 및

이중 지구 이동자 거리 방법에 의해 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 상기 데이  
터베이스에 저장되어 있는 지각적 3차원 그래픽 모델들을 비교하여 상기 변환된 지각적 3차원  
형상 기술자와 유사한 모델을 찾아냄을 특징으로 하고,

상기 이중 지구 이동자 거리 방법은

질의그래프를 구성하는 질의노드와 모델 그래프를 구성하는 모델노드 간의 거리를 행렬  
로 나타낸 거리행렬을 생성하는 내부EMD 단계; 및

상기 거리행렬로부터 노드 자신의 속성을 고려하여 유사도를 측정하는 외부EMD 단계로  
이루어지는, 지각적 인식이 가능한 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 방법.

【청구항 12】

제11항에 있어서, 상기 내부EMD 단계는

상기 변환된 3차원 형상기술자의 질의 그래프를 구성하는 질의노드들과 상기 데이터베이스에 저장되어 있는 3차원 그래픽 모델의 모델그래프를 구성하는 모델노드들을 추출하여 비교 대상이 되는 질의노드와 모델노드의 노드조합을 설정하는 단계; 및

상기 각 조합에 대해 노드간 거리를 측정하여 거리행렬을 생성하는 거리행렬생성단계를 포함함을 특징으로 하는 지각적 인식이 가능한 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 방법.

【청구항 13】

제12항에 있어서, 상기 거리행렬생성단계는 노드간의 속성 벡터의 차이의 절대값으로 정의된 거리행렬을 구성하는 단계;

상관속성들을 축으로 하는 벡터공간을 구성하는 단계;

상기 벡터공간에서 질의노드와 모델노드를 점들의 집합으로 표현하는 단계;

모든 점으로부터 거리가 일정한 가상의 점을 설정하는 단계;

상기 벡터공간에서 정의된 유클리디안 거리를 구하여 또 다른 거리행렬을 생성하는 단계; 및

상기 두 거리행렬을 더한 최초의 거리행렬을 생성하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 지각적 인식이 가능한 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 방법.

【청구항 14】

제11항에 있어서, 상기 외부EMD 단계는

상기 거리행렬 및 질의 그래프와 모델 그래프의 노드들의 중량으로부터 EMD를 적용하여 필요일량을 계산하는 단계; 및

필요일량을 더하여 유사도를 측정하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 지각적 인식이 가능한 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 방법.

【청구항 15】

제8항 내지 제14항 중 어느 한 항에 기재된 발명을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

【청구항 16】

제1항 내지 제6항에 의해 기술된 3차원 그래픽 모델의 지각적 3차원 형상 기술자에 의해 기술된 3차원 그래픽 모델들을 저장하고 있는 데이터 베이스의 3차원 그래픽 모델 검색장치에 있어서,

검색하고자 하는 3차원 그래픽 모델을 질의로 받아들이는 질의 입력부;

상기 질의로 입력된 3차원 그래픽 모델을 지각적 3차원 형상 기술자로 변환하는 형상기술자변환부;

상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 상기 데이터베이스에 저장되어 있는 지각적 3차원 그래픽 모델들을 비교하여 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 유사한 모델을 찾는 정합부; 및

상기 찾아진 유사한 모델을 출력하는 모델출력부를 포함함을 특징으로 하는 지각적 인식이 가능한 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 장치.

## 【청구항 17】

제16항에 있어서, 상기 질의입력부는

사용자가 대화식 도구에 의해 3차원 그래픽 모델을 디자인하여 입력함을 특징으로 하는 지각적 인식이 가능한 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 장치.

## 【청구항 18】

제16항에 있어서, 상기 변환부는

사용자가 상기 변형된 형상기술자의 편집을 원하면 상기 생성된 형상기술자를 편집하는 형상편집부를 더 구비함을 특징으로 하는 지각적 인식이 가능한 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 장치.

## 【청구항 19】

제16항에 있어서, 상기 정합부는

노드의 체적을 중량으로 정의하는 중량변환부; 및

이중 지구 이동자 거리 방법에 의해 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 상기 데이터베이스에 저장되어 있는 지각적 3차원 그래픽 모델들을 비교하여 상기 변환된 지각적 3차원 형상 기술자와 유사한 모델을 찾는 모델검색부를 구비함을 특징으로 하고, 상기 이중 지구 이동자 거리 방법은

질의그래프를 구성하는 질의노드와 모델 그래프를 구성하는 모델노드 간의 거리를 행렬로 나타낸 거리행렬을 생성하는 내부EMD 단계; 및

상기 거리행렬로부터 필요일량을 계산하여 유사도를 측정하는 외부EMD 단계로 이루어지는, 지각적 인식이 가능한 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 장치.

## 【청구항 20】

제19항에 있어서, 상기 내부EMD 단계는

상기 변환된 3차원 형상기술자의 질의 그래프를 구성하는 질의노드들과 상기 데이터베이스에 저장되어 있는 3차원 그래픽 모델의 모델그래프를 구성하는 모델노드들을 추출하여 비교대상이 되는 질의노드와 모델노드의 노드조합을 설정하는 단계;

상기 각 조합에 대해 질의 그래프 및 모델 그래프의 임의의 노드 간 거리를 구하기 위해 노드간의 속성벡터의 차이의 절대값으로 정의된 거리행렬을 구성하는 단계;

에지속성으로 정의된 상관 속성들을 축으로 하는 벡터공간을 구성하는 단계;

상기 벡터공간에서 질의노드와 모델노드를 점들의 집합으로 표현하는 단계;

모든 점으로부터 거리가 일정한 가상의 점을 설정하는 단계;

상기 벡터공간에서 정의된 유클리디안 거리를 구하여 또 다른 거리행렬을 생성하는 단계

; 및

상기 두 거리행렬을 더한 최종의 거리행렬을 생성하는 단계를 구비하고,

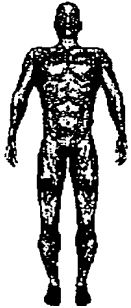
상기 외부EMD 단계는

상기 거리행렬 및 질의 그래프와 모델그래프의 노드들의 중량으로부터 EMD를 적용하여 필요일량을 계산하는 단계; 및상기 필요일량을 더하여 유사도를 측정하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 지각적 인식이 가능한 3차원 그래픽 모델의 데이터베이스 검색 장치.

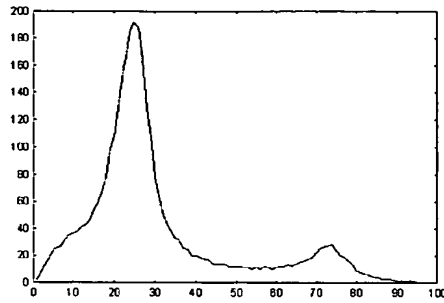


【도면】

【도 1】



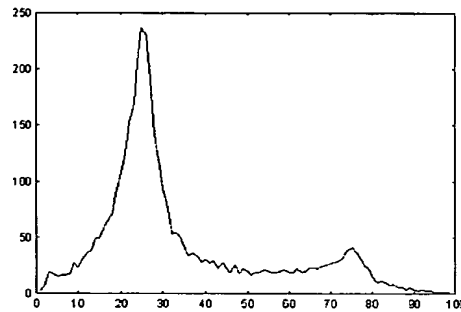
(a) 'android' 모델



(b) 'android' 모델의 형상스펙트럼

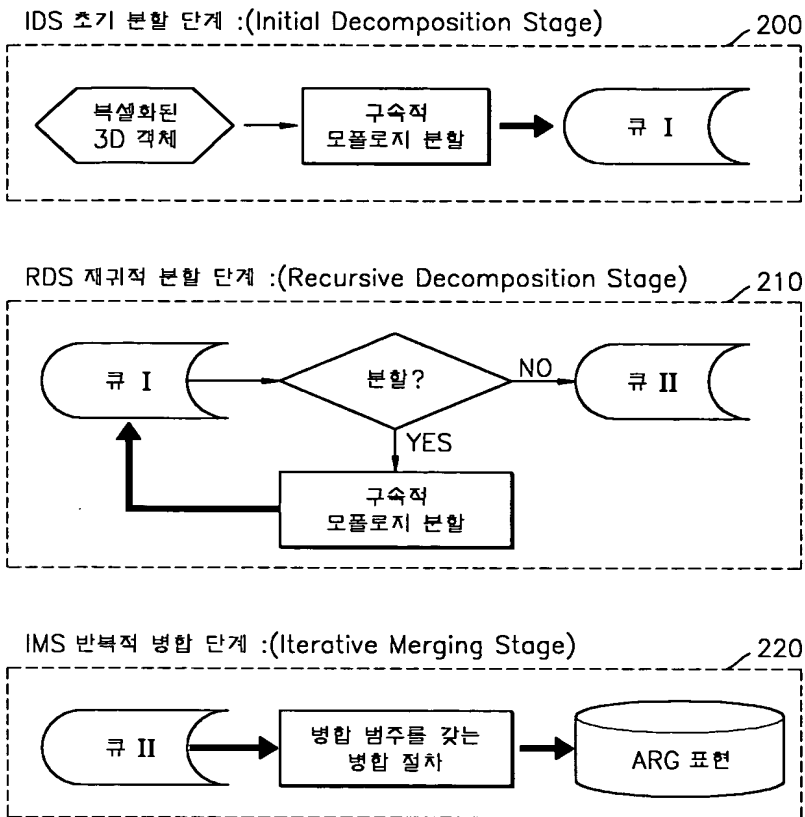


(c) 'crocodile' 모델

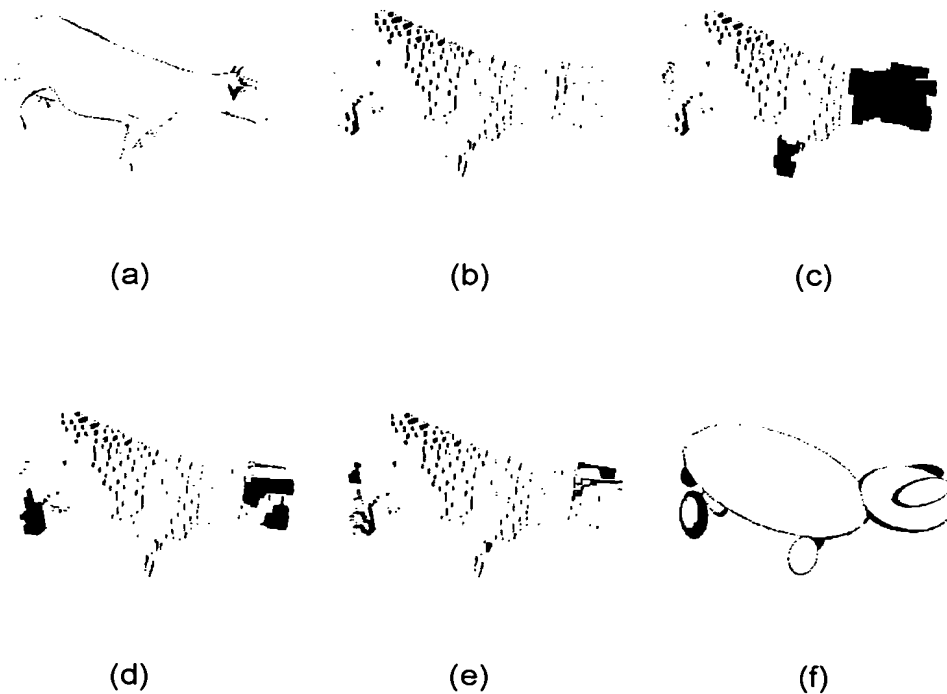


(d) 'crocodile' 모델의 형상스펙트럼

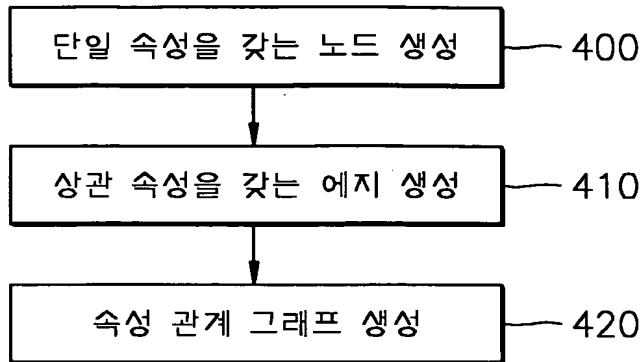
【도 2】



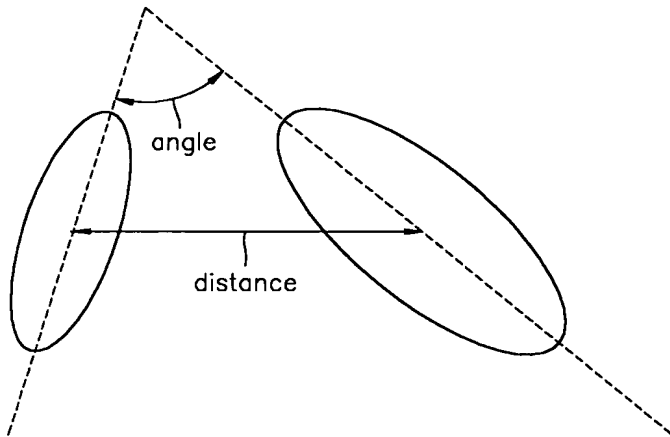
【도 3】



【도 4】



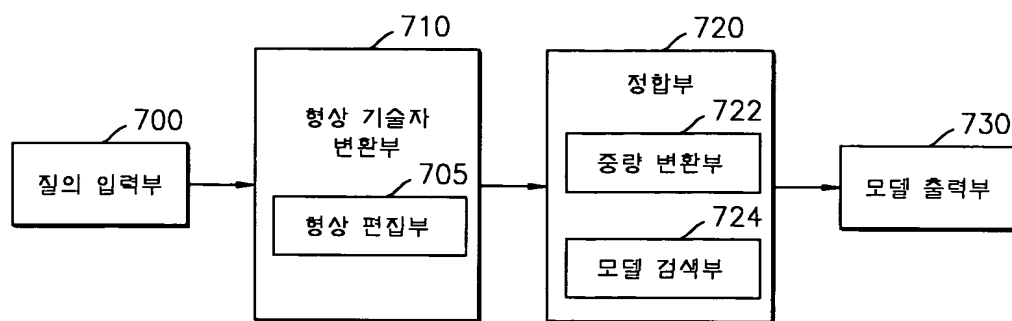
【도 5】



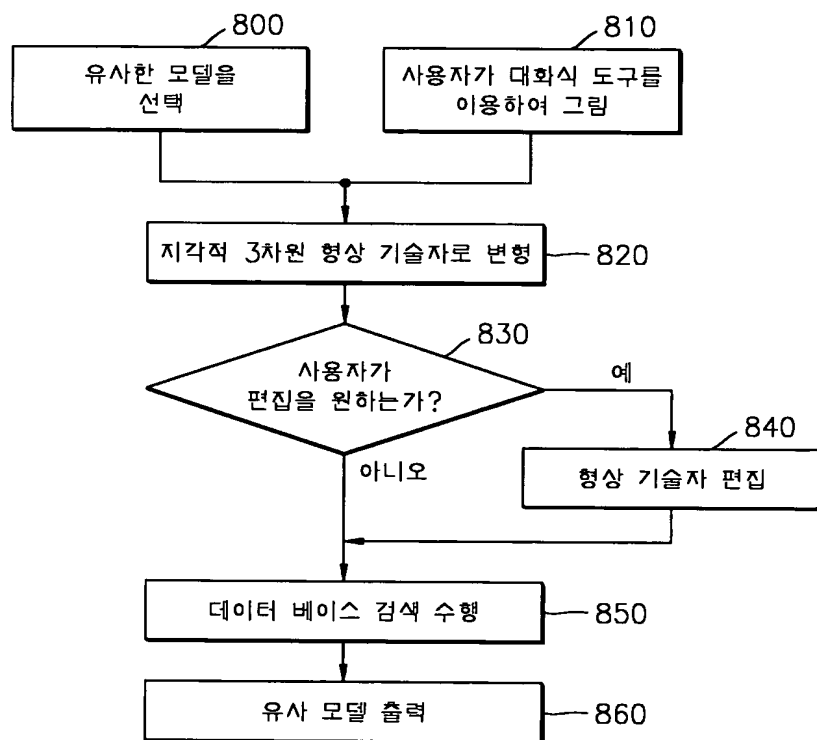
【도 6】

P3DS {	Number of bits	Mnemonics
NNodes	5	uimsbf
for (i=0; i<NNodes-1; i++) {		
for (j=i+1 ; j<NNodes; j++) {		
IsAdjacent[i][j]	1	bslbf
}		
}		
for (i=0; i<NNodes; i++) {		
Volume[i]	8	uimsbf
Center[i][3]	8	uimsbf
Transform[i][6]	8	uimsbf
Variance[i][3]	8	uimsbf
Convexity[i]	8	uimsbf
}		
}		

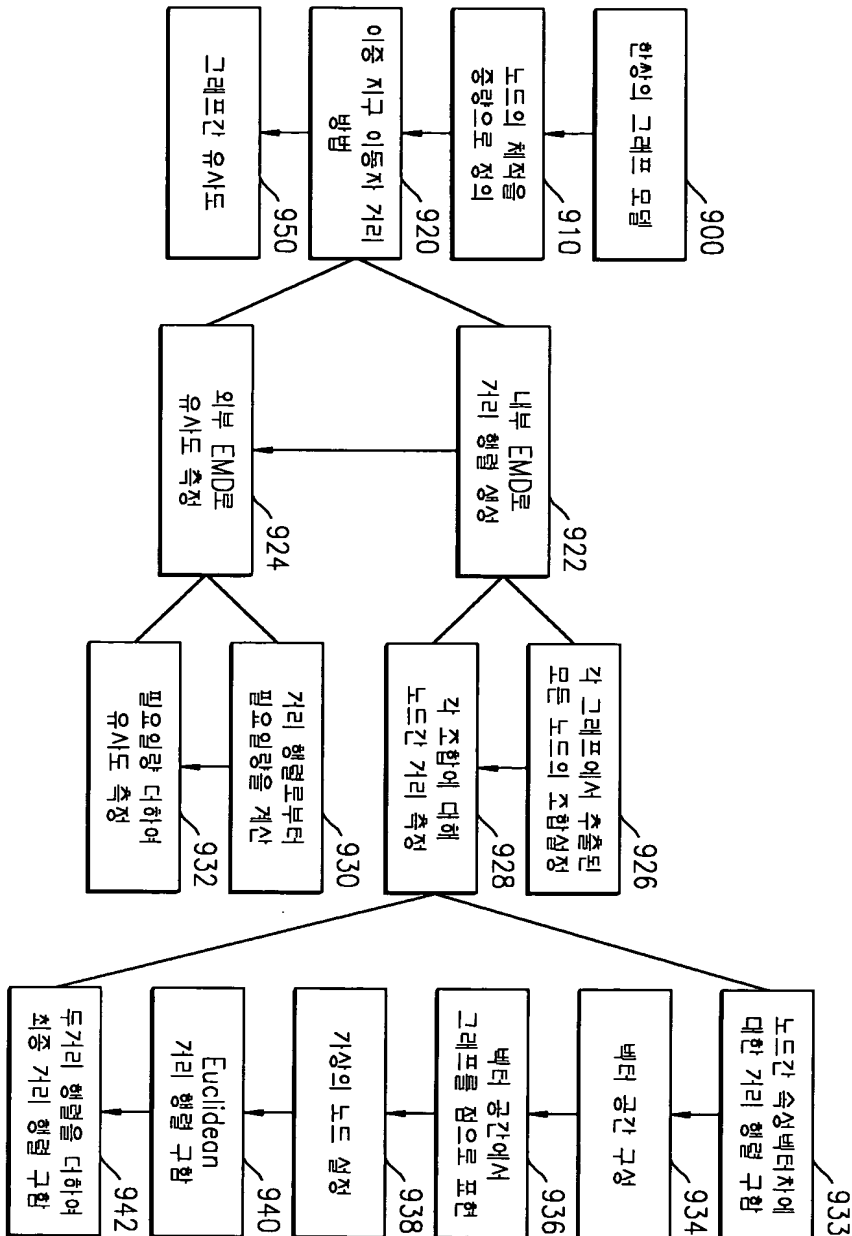
【도 7】



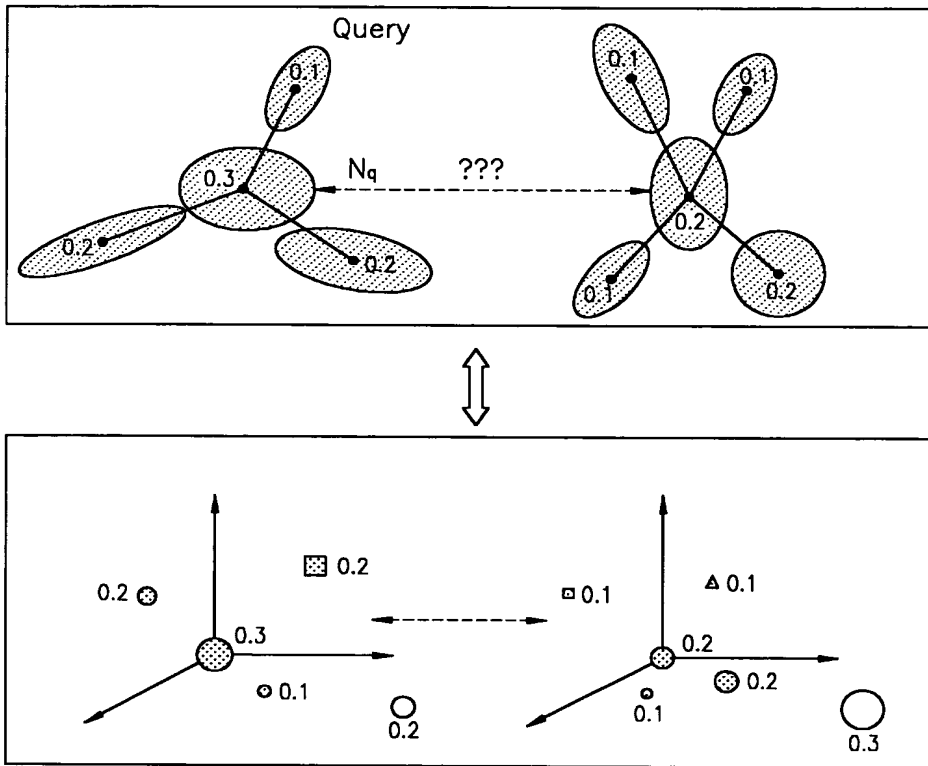
【도 8】



【도 9】



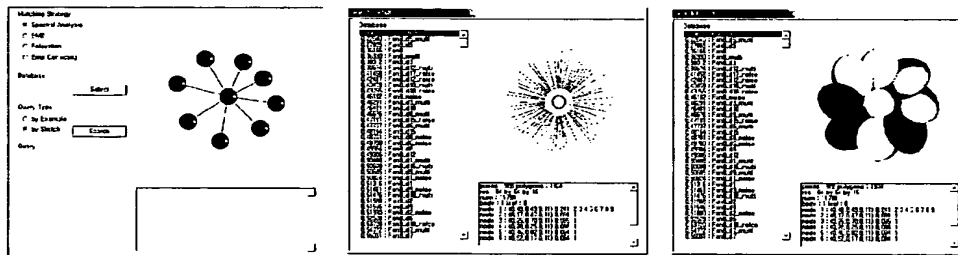
【도 10】



【도 11】

	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3
0.2	.	.	.	.	.	d
0.2	.	.	.	.	.	d
0.1	.	.	.	.	.	d
0.3	.	.	.	.	0	d
0.2	d	d	d	d	d	0

【도 12】

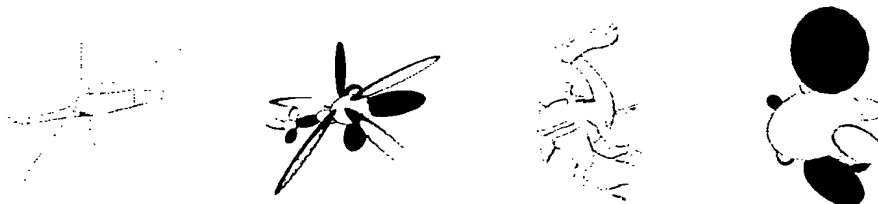


(a) 스케치된 질의. (b) 1위로 검색된 모델. (c) (b)의 ARG 표현.

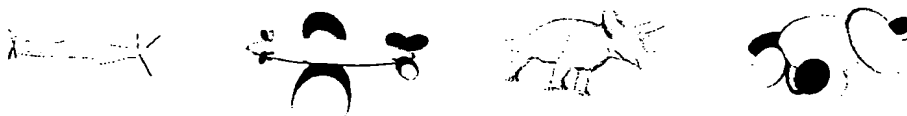
【도 13】



(a) 'android' 모델 (b) 'crocodile' 모델

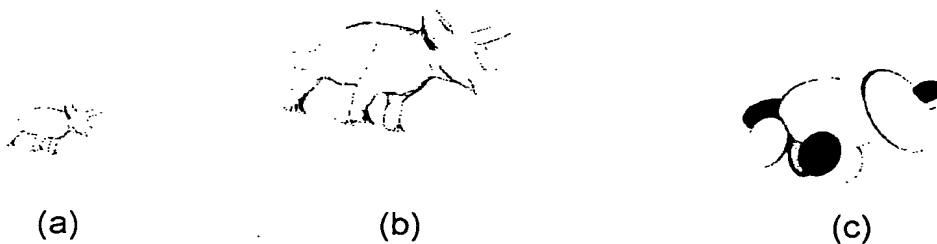


(c) 'hilo' 모델 (d) 'dinopet' 모델



(e) 'p51\_mustang' 모델 (f) 'triceratops' 모델

【도 14】



(a) (b) (c)

【도 15】



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

【도 16】

Category		P3DS		Shape3D	
		BEP	ANMRR	BEP	ANMRR
<i>Aircraft / multi_fuselages / 3_bodies</i>	30	0.63667	0.27326	0.32111	0.51349
<i>Animal / arthropod / with_wings / bee</i>	30	1.00000	0.00000	0.55556	0.31395
<i>Animal / humanoid / sitting</i>	60	0.80972	0.17468	0.55556	0.35739
<i>Automobile / tank / equipvaried</i>	30	1.00000	0.00007	0.53222	0.32496
<i>Furniture / chair / 4_legged</i>	30	0.58556	0.32306	0.34333	0.57811
<i>Furniture / chair / with_a_post</i>	30	0.68333	0.24401	0.25000	0.60770
<i>Letter / O</i>	15	0.58667	0.29990	0.32000	0.51549
<i>Plant / flower / 20_petaled</i>	30	0.66111	0.23978	0.49333	0.38556
<i>Ship / single_mast / romanship</i>	30	0.93444	0.05263	0.33778	0.49105
<i>Simplex / cellular_phone</i>	51	0.85659	0.11556	0.36332	0.47692
<b>Total</b>	<b>336</b>	<b>0.79197</b>	<b>0.16327</b>	<b>0.42162</b>	<b>0.44626</b>